

Міністерство освіти і науки України
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
Навчально-науковий інститут архітектури, будівництва та землеустрою
Кафедра автомобільних доріг, геодезії, землеустрою та сільських будівель

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до кваліфікаційної роботи бакалавра
на тему

ПРОЕКТ БУДІВНИЦТВА
АВТОМОБІЛЬНОЇ ДОРОГИ II КАТЕГОРІЇ
В ОХТИРСЬКОМУ РАЙОНІ СУМСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Розробив: **Романченко Віталій Ігорович**
студент гр. 301-пБА,
спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
№ з.к. 18060

Керівник: **Гасенко Ліна Володимирівна**
к.т.н., доцент кафедри автомобільних доріг,
геодезії, землеустрою та сільських будівель

Рецензент:

Міністерство освіти і науки України
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
Навчально-науковий інститут архітектури, будівництва та землеустрою
Кафедра автомобільних доріг, геодезії, землеустрою та сільських будівель

ЛИСТ ПОГОДЖЕННЯ
до кваліфікаційної роботи бакалавра
на тему
ПРОЕКТ БУДІВНИЦТВА
АВТОМОБІЛЬНОЇ ДОРОГИ II КАТЕГОРІЇ
В ОХТИРСЬКОМУ РАЙОНІ СУМСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Розробив: **Романченко Віталій Ігорович**
студент гр. 301-пБА,
спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
№ з.к. 18060

Консультанти:

проектно-будівельна частина

к.т.н., доц. Гасенко Л.В.

к.т.н., доц. Литвиненко Т.П.

спеціальна частина

ст.викладач Сергєєв О.С.

Допустити до захисту
зав. кафедри

к.т.н., доц. Литвиненко Т.П.

ЗМІСТ

Вступ	7
1. Проектно-будівельна частина	
1.1. Загальні положення	8
1.2. Характеристика району будівництва	8
1.3. Методика проектування автомобільних доріг	11
1.3.1. Основні положення	11
1.3.2. Розроблення допроектної документації	13
1.3.3. Розроблення проектної документації	14
1.3.4. Розроблення робочих креслень	15
1.3.5. Склад проектної документації	15
1.3.6. Оформлення проектної документації	23
1.4. Будівельні рішення	30
1.4.1. Вибір варіанту прокладання траси	30
1.4.2. Поздовжній профіль	33
1.4.3. Земляне полотно	35
1.4.4. Дорожній одяг	36
2. Спеціальна частина	
2.1. Загальні положення	42
2.2. Розрахунок максимальної витрати води	43
2.2.1. Максимальна витрата води від зливогого стоку	43
2.2.2. Максимальна витрата води від сніготанення	45
2.3. Підбір отвору водоперепускної труби	47
Загальні висновки	48
Список використаної літератури	50

				301-пБА 18060 ПЗ			
Розробив	Романченко В.І.			Проект будівництва автомобільної дороги II категорії в Охтирському районі Сумської області	Стадія	Аркуш	Аркушів
Керівник	Гасенко Л.В.				КР		
Н. контр.	Льченко В.В.				Кафедра автомобільних доріг, геодезії, землеустрою та сільських будівель		
Затвердив	Литвиненко Т.П.						

ВСТУП

Згідно завдання, виданого кафедрою автомобільних доріг, геодезії, землеустрою та сільських будівель, необхідно запроєктувати автомобільну дорогу II категорії в Охтирському районі Сумської області.

Вихідні дані:

- категорія дороги – II;
- район проходження – Сумська область;
- топографічна карта в масштабі – М1:10 000;
- початок траси – точка №8 у південному напрямку;
- кінець траси – точка №8 у північному напрямку.

РОЗДІЛ 1. ПРОЕКТНО-БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА

1.1. Загальні положення

У даному розділі кваліфікаційної роботи розробляються технічні рішення з проектування ділянки автомобільної дороги загального користування II категорії в Охтирському районі Сумської області.

В основу розроблення проекту автомобільної дороги покладено результати топо-геодезичних, техніко-економічних та інженерно-геологічних вишукувань.

1.2. Характеристика району будівництва

Сумська область розташована у північно-східній частині України, охоплює частини Середньоруської височини та Придніпровської низовини.

Адміністративний центр області – місто Суми.

Сумська область має площу 23,8 тис.км².



Сумська область у своєму складі має:

– районів	– 5;
– районів у містах	– 2;
– населених пунктів	– 493, в тому числі:
– міського типу	– 35, в тому числі:
– міст	– 15;
– селищ міського типу	– 20;
– сільського типу	– 1458, в тому числі:
– сіл	– 1403;
– селищ	– 55.

Географія

Сумська область розташована у північно-східній частині Лівобережної України. Найвища точка області – 246,2 м над рівнем моря.

Відстань від обласного центра до Києва 350 км.

На півдні, сході та заході Сумщина межує із Харківською, Полтавською та Чернігівською областями України.

На півночі та сході область межує із Брянською, Курською та Білгородською областями Російської Федерації – довжина державного кордону з Російською Федерацією 298 км. На кордоні розташовані три пункти пропуску залізничного транспорту (Волфіне, Пушкарне, Зернове) та п'ять – автомобільного (Бачівськ, Катеринівка, Рижівка, Юнаківка, Велика Писарівка).

Північна частина області лежить у межах Новгород-Сіверського Полісся, південна – належить до лісостепової зони.

Природа

Сумська область має помірно континентальний клімат, а саме: зима – прохолодна, літо – не спекотне. Середня температура повітря в липні складає +19°C, в січні –7,5°C. Максимум опадів випадає влітку у вигляді дощів. Середньорічна їх кількість становить від 550 до 700 мм.

Природно-рекреаційний потенціал Сумської області містить ліси й чагарниками на площі, що відповідає 17% території області. У північних районах переважають мішані ліси (сосна, дуб, береза), у центральних районах – острівні ліси (липа, клен, ясен), трапляються дубові гаї. За винятком ділянки цілинного степу «Михайлівська цілина» (входить до Українського степового заповідника), усі степові простори розорані. Баси – кліматичний курорт лісостепової зони, розташований за 7 км від Сум на великому масиві хвойно-листяних лісів уздовж р. Псел. На території області розташовано багато об'єктів і територій природно-заповідного фонду, як от «Михайлівська цілина», заказники, дендропарк, заповідні урочища. (Див. також Лісові ресурси Сумської області).

1.3. Методика проектування автомобільних доріг

1.3.1. Основні положення

Проектування будь-яких інженерних споруд, зокрема автомобільних доріг, загального користування регламентується відповідними нормативними документами: загальними - для інженерного будівництва, спеціальними – для конкретного виду будівництва.

Основним документом у проектуванні інженерних споруд, що регулює правові та фінансові відносини, взаємні зобов'язання і відповідальність сторін, є договір (контракт), який укладається між замовником і виконавцем із залученням для розроблення проектної документації вишукувальних, проектних, будівельних та інших організацій.

Замовник може делегувати на договірній основі відповідні права юридичним або фізичним особам (які мають право на такого роду діяльність), поклавши на них відповідальність за розробку та реалізацію проекту. Невід'ємною частиною договору (контракту) на розроблення проектної документації є завдання на проектування.

Порядок розроблення, погодження, затвердження і склад проектної документації на будівництво інженерних споруд викладені в нормативах **ДБН А.2.2-3:2014 «Склад та зміст проектної документації на будівництво» [3]** та **ДСТУ Б А.2.4-4:2009 «СПДБ. Основні вимоги до проектної та робочої документації» [4]**.

Проекти, робочі проекти на будівництво інженерних споруд, незалежно від джерел фінансування, форм власності та приналежності, підлягають державній експертизі відповідно до порядку, визначеного **ДСТУ-Н Б А.2.2-10:2012 «Настанова з організації проведення експертизи проектної документації на будівництво» [5]**.

Основними принципами сучасного проектування автомобільних доріг є:

- виконання вишукувальних і проектних робіт з використанням сучасних геодезичних приладів та систем автоматизованого проектування;
- застосування математичних методів оптимізації та моделювання процесів при проектуванні;
- використання багатоваріантного проектування.

Проектування інженерних споруд, зокрема проектування автомобільних доріг будь-якої значення, виконують у декілька стадій:

- розроблення допроектної документації;
- розроблення проектної документації (інженерного проекту);
- розроблення робочої документації.

Основною метою та завданнями розроблення допроектної документації є вибір на основі аналізу багатьох варіантів найбільш раціональний варіант траси дороги (або мережі доріг) з урахуванням природно-кліматичних та інженерно-геологічних факторів, економічних розрахунків і технологічних можливостей.

Розроблення допроектної документації на будівництво здійснюють в три етапи:

- визначення мети інвестування;
- розроблення клопотання про наміри;
- розробка обґрунтування інвестицій в будівництво об'єкта.

Основною метою та завданнями розроблення проектної документації (інженерного проекту дороги) є:

- обґрунтування раціональних технічних рішень для намічених в обґрунтуванні інвестицій ділянок дороги (доріг), що підлягають будівництву, реконструкції або капітального ремонту;
- визначення технічних рішень і обсягів дорожньо-будівельних робіт;
- підготовка тендерної документації для проведення конкурсу підряду;
- розроблення матеріалів і підготовка документів для відведення земель та компенсації за знесення існуючих будівель, споруд і насаджень.

Основною метою та завданнями розроблення робочої документації автомобільної дороги є:

- обґрунтування найкращих технічних рішень для найбільш складних ділянок траси;
- розроблення додаткової документації на індивідуальні інженерні рішення;
- підготовка тендерної документації на проведення конкурсу підяду.

Таким чином, основним проектним документом на будівництво об'єктів транспортної мережі є техніко-економічне обґрунтування (проект) будівництва, на підставі чого розробляється проектна документація.

Для технічно складних об'єктів та в разі складних природних умов проектування за рішенням замовника (або висновку державної експертизи) одночасно з розробкою документації та здійсненням будівництва можуть виконуватися додаткові опрацювання проектних рішень з окремих питань.

1.3.2. Розроблення допроектної документації автомобільної дороги

Допроєктне проектування виконують при складанні схем розвитку автомобільних доріг, при розробленні обґрунтування інвестицій (в тому числі і для конкретного дорожнього об'єкта).

На цьому етапі використовують наявні фондові матеріали інженерних вишукувань та наявні аерофотоматеріалів, а за необхідності роблять рекогносцирувальна обстеження. При будівництві на слабких ґрунтах питання про їх збереження в районі будівництва вирішують на основі інженерно-геологічних вишукувань, які виконуються в скороченому обсязі та з мінімумом досліджень ґрунтів.

Вихідними даними для розроблення обґрунтування інвестицій, що передаються Замовнику, можуть бути оформлені обґрунтування інвестицій рішення місцевих органів державної адміністрації про попереднє погодження земельних ділянок для будівництва дороги та акти вибору земельних ділянок до них (при їх наявності).

1.3.3. Розроблення проектної документації автомобільної дороги

Розроблення проектної документації (інженерного проекту) на будівництво об'єктів дорожньої мережі здійснюють на основі затвердженого (схваленого) обґрунтування інвестицій. Проектною документацією деталізують прийняті в обґрунтуванні рішення і уточнюють основні техніко-економічні показники.

Проектну документацію розробляють переважно на конкурсній основі, в тому числі через торги підряду (тендер).

Інженерний проект складається з трьох частин:

- матеріали обґрунтування, які призначені для Замовника й експертизи інженерного проекту;
- матеріали контракту, що мають бути включені до тендерної документації для конкурсу підряду і виконання інженерного проекту;
- матеріали для оформлення відведення земель.

Матеріали обґрунтування складаються з таких розділів:

- пояснювальна записка;
- матеріалах і документи обґрунтування;
- розрахунок вартості робіт.

Матеріали контракту складаються з таких розділів:

- технічні специфікації (прив'язка до державних норм і стандартів тощо);
- основні креслення;
- відомості запроектованих споруд та видів робіт;
- відомості обсягів робіт і матеріалів.

Для розробки інженерного проекту автомобільної дороги виконують наступні види вишукувань: інженерно-геодезичні, інженерно-геологічні, інженерно-гідрологічні, інженерно-екологічні та інших дорожньо-будівельних матеріалів.

1.3.4. Розроблення робочих креслень автомобільної дороги

Розроблення робочих креслень за погодженням із Замовником здійснюють при остаточному виборі технічних рішень для складних ділянок траси, в тому числі для розробки індивідуальних інженерних рішень з підготовкою тендерної документації на проведення конкурсу по залученню підрядних організацій. При проектуванні особливо складних і унікальних інженерних споруд Замовник спільно з науково-дослідними та спеціалізованими організаціями має розробляти спеціальні технічні умови, що відображають специфіку їх проектування, будівництва і експлуатації. На цій стадії проектування можуть бути призначені додаткові інженерно-геологічні вишукування, проведення лабораторних випробувань ґрунтів для індивідуального проектування конструкції насипу (на основі спеціально розробленого технічного завдання).

1.3.5. Склад проектної документації автомобільної дороги

Склад проектної документації на будівництво автомобільних доріг включає такі розділи і зміст:

Розділ 1. Загальна пояснювальна записка.

1. Загальні відомості.
2. Характеристика території, відомості про паспорт дороги, відомості про діагностику транспортно-експлуатаційного стану, відомості про рівень зручності та безпеки руху, швидкісний режим, пропускну здатність на окремих ділянках, відомості про ДТП.
3. Природно-кліматичні чинники, що впливають на вибір проектних рішень.
4. Перспективна інтенсивність і склад руху відповідно до затвердженого обґрунтуванням інвестицій, зведена відомість вантажообігу, інтенсивності руху за звітний рік і на перспективу, в разі розробки проекту більше ніж через п'ять років після затвердження обґрунтування інвестицій або в разі істотних змін в інтенсивності руху - порівняння даних затверджених в обґрунтуванні інвестицій з даними економічних досліджень.

5. Обґрунтування проектних рішень:

5.1. Категорія дороги, основні технічні нормативи, пропозиції щодо стадійності розвитку по обґрунтуванню інвестицій.

5.2. Схема варіантів траси в М 1:100 000-1:50 000:

- прийняті відповідно до затвердженого обґрунтуванням інвестицій;
- додатково розроблені варіанти траси, що враховують зміну умов після затвердження обґрунтування інвестицій або деталізують його;

- поздовжній профіль, керівна робоча відмітка, варіанти проектної лінії на окремих ділянках у вигляді креслень;

- геодезична основа у напрямку прийнятого варіанта, інженерно-геологічні та гідрологічні умови прокладання траси, облік природоохоронних та інших місцевих особливостей.

5.3. Підготовка території будівництва. Необхідність розбирання існуючих штучних споруд, знесення або перенесення будівель, споруд і насаджень. Заходи щодо перебудови або захисту комунікацій.

5.4. Земляне полотно. Просторове положення траси і його оцінка з урахуванням особливостей рельєфу місцевості на прилеглий смузі, ландшафту, забезпечення видимості і зорової ясності і плавності дороги. Типи земляного полотна. Ґрунти земляного полотна. Зміцнення земляного полотна (укосів, кюветів тощо).

5.5. Дорожній одяг. Варіанти конструкції дорожнього одягу. Зміцнення узбіч. Обґрунтування вибору конструкцій для різних умов з урахуванням наявності місцевих дорожньо-будівельних матеріалів. Креслення варіантів конструкцій дорожнього одягу з таблицею порівняння варіантів.

5.6. Водовідведення з проїзної частини, полотна дороги та прилеглої території. Зведена відомість штучних споруд.

5.7. Штучні споруди. Зведена відомість штучних споруд.

5.7.1. Інженерно-геологічні та гідрогеологічні умови.

5.7.2. Технічні умови проектування. Габарити та розрахункові навантаження на споруди. Габарити мостів і шляхопроводів.

5.7.3. Варіантні опрацювання та обґрунтуванням конструктивних рішень. Техніко-економічне порівняння варіантів (з використанням аналогів або укрупнених розцінок).

5.7.4. Посилання на типові і повторно застосовуються проекти. Заходи щодо захисту конструкції від агресивних вод, забезпечення довговічності споруди.

5.7.5. Забезпечення оглядовими пристроями. Освітлення.

5.7.6. Водовідвідні споруди, сходи, укріплення. Вибір і обґрунтування типу бар'єрного огороження.

5.8. Прийняті методи будівництва (реконструкції). Складні допоміжні споруди і пристрої.

5.9. Спеціальні інженерні споруди, обґрунтування їх необхідності.

5.10. Перетину і примикання. Схема розміщення перетинів і примикань.

5.11. Обстановка, облаштування, безпека руху.

5.12. Природоохоронні заходи. Проектні рішення, спрямовані на скорочення площі займаних земель, на охорону рибних запасів, на запобігання негативному впливу дороги на рослинний і тваринний світ. Водоочисні споруди. Рекультивация земель.

5.13. Нові технології, конструкції, матеріали.

5.14. Організація будівництва. Основні положення з організації будівництва. Організація руху на час проведення робіт. Рішення з охорони праці та безпеки.

5.15. Вартість будівництва об'єкта в цілому і по пускових комплексах.

5.16. Організація робіт по утриманню та експлуатації автомобільної дороги.

5.17. Економічна і соціальна ефективність інвестицій.

5.18. Основні техніко-економічні показники.

Розділ 2. Документи погоджень.

1. Перелік технічних умов та документів погоджень.

2. Копії технічних умов та документів погоджень.

Розділ 3. Відведення земель.

1. Пояснювальна записка. Обґрунтування ширини смуги відведення, придорожньої смуги.

2. Акти вибору земельних ділянок з додатком проекту їх кордонів, каталогу координат поворотних точок смуг відведення і висот нівелірних пунктів, а також рішення про попереднє погодження місця розташування об'єкта. 3. Відомість площ земель, що підлягають відведенню в безстрокове і термінове користування з розподілом по землекористувачам і угіддям.

4. Відомість споруджуваних і перевлаштовуються об'єктів, що не відносяться до майна доріг і підлягають передачі на баланс сторонніх балансоутримувачів.

5. Відомість майна споруджуваних і перевлаштовуються об'єктів, що відносяться до майна автомобільних доріг загального користування.

6. Розрахунок збитків, отриманих за рахунок убутку земель з фонду, облік їх; підрахунок обсягів витрат по перенесенню споруд та інженерних комунікацій.

7. Звіт про оцінку ринкової вартості земельних ділянок і об'єктів нерухомого майна, що підлягає викупу для цілей будівництва (реконструкції) автомобільної дороги.

8. Угоди з власниками земельних ділянок і нерухомого майна, що вилучаються для державних потреб з встановленням викупної ціни, строків та інших умов викупу.

Розділ 4. Поділ власності і вартості будівництва (реконструкції) по балансоутримувачах.

Розділ 5. Охорона навколишнього середовища.

1. Пояснювальна записка (при необхідності).
2. Обґрунтування природоохоронних заходів.
3. Відомість будівництва запроектованих споруд.

4. Рекультивація земель.
5. Обсяги робіт, розподіл по пускових комплексах.
6. Перелік креслень. Креслення природоохоронних споруд.
7. Інженерно-технічні заходи цивільного захисту та запобігання надзвичайним ситуаціям (при наявності спеціальних вимог).

Розділ 6. Будівельні рішення по автомобільній дорозі.

6.1. Підготовчі роботи:

- пояснювальна записка (за необхідності);
- зведений план перебудови комунікацій; специфікація обладнання (за необхідності);
- відомості перетинів і зближень з інженерними комунікаціями, знесення, перенесення будівель і споруд, перевлаштування комунікацій, рубки лісу, корчування і т.д .;
- обсяги робіт і розподіл по пускових комплексах;
- креслення (за необхідності).

6.2. План дороги, земляне полотно і дорожній одяг:

- пояснювальна записка (за необхідності);
- генеральний план дороги в М 1:1000 (за необхідності) - 1:2000;
- водовідвідні споруди;
- поздовжній профіль;
- земляне полотно і водовідведення,
- поперечні профілі типових конструкцій земляного полотна з урахуванням місцевих умов, попикетні поперечні профілі (при наявності в завданні), покілометрові відомості обсягів земляних і укріплювальних робіт з розподілом по пускових комплексах;
- дорожній одяг, відомість проєктованого дорожнього одягу, поперечні профілі конструкцій дорожнього одягу з укріпленнями узбіч і роздільної смуги, відомість водовідвідних споруд з поверхні дороги;

– малі штучні споруди, відомості та обсяги робіт з розподілом по пускових комплексах, конструкції штучних споруд, креслення.

6.3. Транспортні розв'язки:

- пояснювальна записка (за необхідності);
- схема інтенсивності і складу руху, типи перетинів, варіанти транспортних розв'язок;
- прийнятий варіант, черговість будівництва, відомість перетинів і примикань;
- відомості обсягів робіт з розподілом по об'єктах і пускових комплексах;
- перелік креслень, креслення плану з таблицею обсягів робіт, поперечні і поздовжні профілі, конструкції земляного полотна, дорожнього одягу.

6.4. Обстановка дороги, організація і безпека руху:

- пояснювальна записка (за необхідності);
- схема розміщення дорожніх знаків, огорожень і розмітки;
- відомості автобусних зупинок і майданчиків відпочинку;
- відомість пристрої технологічного зв'язку;
- відомість пристрої освітлення дороги;
- графіки оцінки проектованої дороги по швидкості руху, пропускної спроможності;
- відомості робіт по пускових комплексах;
- креслення.

6.5. Під'їзди:

- пояснювальна записка (за необхідності);
- плани, поперечні і поздовжні профілі траси під'їзду, конструкції земляного полотна та дорожнього одягу, інші креслення (за необхідності);
- відомість штучних споруд; відомості робіт по пускових комплексах; перелік креслень.

6.6. Будинки й споруди дорожньої служби:

- пояснювальна записка (за необхідності); схема розміщення комплексів існуючої дорожньо-експлуатаційної служби (ДЕС), пропозиції з розвитку;
- генплани проєктованих комплексів ДЕС з планами зовнішніх мереж;
- схема розміщення пунктів вагового контролю, обліку руху, метеорологічних спостережень і інші креслення;
- відомості робіт;
- креслення.

Розділ 7. Будівельні рішення по штучним спорудам:

- пояснювальна записка (за необхідності);
- відомості робіт;
- креслення мостового переходу в М 1:500;
- загальний вид моста, загальні та місцеві розмиви, регуляційні споруди, зміцнення;
- загальні види опор з розмірами, зазначенням навантажень на ґрунт або на палі підставу, несучої здатності ґрунтів, армування, дані про матеріали, тип опорних частин;
- загальний вигляд прогонових будов з розмірами, поперечним перерізом, з даними про матеріали, армування, в разі індивідуального проєкту - результати розрахунків;
- водовідведення з штучної споруди, водовідведення з укосів насипу.

Розділ 8. Організація будівництва:

- пускові комплекси, послідовність і терміни введення пускових комплексів;
- будівельний генеральний план дороги;
- календарні графіки будівництва автомобільної дороги, мостів і шляхопроводів;

- відомість потреби в основних ресурсах, будівельних конструкціях, виробках, матеріалах, устаткуванні;
- відомість джерела отримання основних будівельних матеріалів;
- технічні умови на тимчасове підключення до джерел водо- та енергопостачання, графік виконання робіт і черговість будівництва;
- генеральні плани майданчиків для будівельних матеріалів, місця утилізації відходів;
- інженерні комунікації, енергопостачання будівництва;
- креслення;
- схема організації руху на час будівництва;
- зведення обсягів робіт.

Розділ 9. Зведений кошторисний розрахунок:

- пояснювальна записка;
- договірна ціна;
- зведений кошторисний розрахунок;
- локальні та об'єктні кошторисні розрахунки.

Розділ 11. Організація робіт з утримання автомобільної дороги.

Розділ 12. Впровадження нових технологій, техніки, конструкцій і матеріалів.

Розділ 13. Тендерна документація:

- пояснювальна записка;
- документи конкурсних торгів;
- проектна документація, креслення;
- технічні специфікації;
- відомість обсягів робіт по об'єктах.

1.3.6. Оформлення проектної документації автомобільної дороги

Оформлення проектної документації регламентується стандартами єдиної системи конструкторської документації (ЕСКД) і системи проектної документації для будівництва (СПДБ).

Основні вимоги до проектної та робочої документації:

- вимоги до складу документації;
- вимоги до комплектації документації;
- правила виконання документації;
- правила виконання специфікацій на креслення;
- правила внесення змін до робочої документації;
- правила прив'язки робочої документації;
- правила оформлення зброшурованої документації;
- додатки (обов'язкові): марки основних комплектів робочих креслень; відомості загальних даних по робочих кресленнях тощо.

До складу робочих креслень автомобільних доріг (основний комплект робочих креслень марки АД) входять:

- загальні дані по робочих кресленнях;
- план автомобільних доріг;
- поздовжній профіль;
- поперечні профілі земляного полотна;
- поперечні профілі конструкції земляного полотна, поздовжні профілі водовідвідних і нагінних каналів.

На плані автомобільних шляхів, наносять та вказують (рис. 1):

- ситуацію місцевості, рельєф місцевості (при необхідності), «червоні» лінії;
- вершини кутів повороту автомобільних доріг або станції геодезичного ходу, пікети, знаки і лінії тангенсів, покажчики кілометрів;
- числові значення елементів кривих, кутів повороту, радіусів, тангенсів, сумарних довжин кругових і перехідних кривих;
- укоси насипів та виїмок (при необхідності);

- будівлі і споруди (без координаційних осей), інженерні мережі;
- переїзди через залізничні колії, транспортні розв'язки; прив'язки до показників кілометрів або пікетів існуючих доріг, залізничних колій та інженерних мереж у місцях їх перетинів з проектованою автомобільною дорогою;
- показник напрямку на північ стрілкою з літерою «Пн» у вістря (у лівому верхньому куті листа).

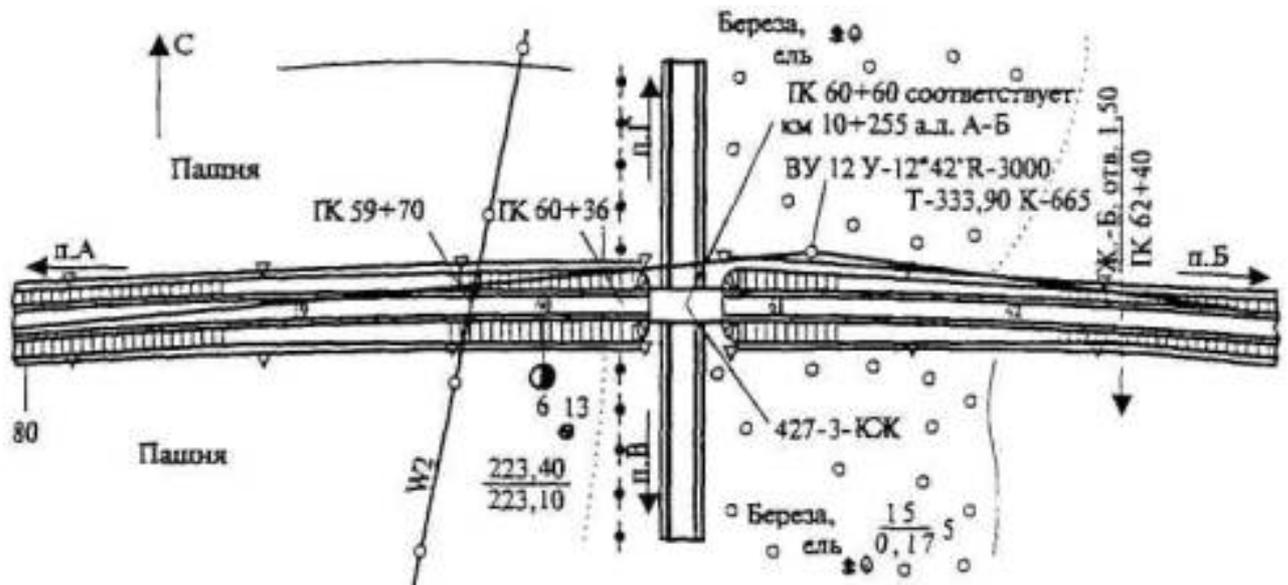


Рис. 1. Приклад оформлення плану автомобільної дороги

На поздовжньому профілі автомобільних шляхів, наносять та вказують:

- лінію фактичної поверхні землі по осі автомобільної дороги, лінії ординат від точок її переломів і лінію проектованої брівки земляного полотна (на поздовжніх профілях міських і реконструйованих автомобільних доріг замість лінії проектованої брівки земляного полотна наносять лінію проектованої поверхні дорожнього покриття по осі проїжджої частини);
- розвідувальні геологічні виробки, вологість і консистенцію шарів ґрунту (умовним позначенням), позначки рівня ґрунтових вод з датою виміру;
- найменування шарів ґрунту і номери їх груп (наприклад, суглинок 33а, пісок 27б) відповідно до класифікації ґрунту за трудністю розробки.

Вище проектної лінії наносять і вказують:

- репери;
- надземні та наземні інженерні мережі;
- найменування проєктованих штучних споруд;
- транспортні розв'язки;
- з'їзди;
- переїзди через залізничні колії;
- нагірні і водовідвідні канами, скиди води;
- вододільні дамби; робочі позначки насипу.

Нижче проектної лінії наносять і вказують:

- лінії ординат від точок переломів проектної лінії;
- робочі позначки виїмок;
- позначення штучних споруд та найменування існуючих штучних споруд;
- підземні інженерні мережі.

Під поздовжнім профілем поміщають таблицю (сітку) запроєктованої автомобільної дороги (рис. 2). При великій кількості плюсових точок на окремих пікетах на аркуші, де поміщений поздовжній профіль, поміщають таблицю винесення відміток і відстаней.

На поперечному профілі земляного полотна автомобільних доріг (рис. 3) наносять і вказують:

- лінію фактичної поверхні землі, лінії ординат від точок перелому лінії фактичної поверхні землі (при реконструкції, крім того, - контур існуючого земляного полотна);
- вісь проєктованої автомобільної дороги (при реконструкції, крім того, - існуючої, дороги за необхідності);
- інженерні мережі та їх найменування;
- підшви шарів ґрунту, розвідувальні геологічні виробки, вологість і консистенцію шарів ґрунту, позначки рівня ґрунтових вод з датою виміру (при необхідності);

- найменування шарів ґрунту і номери їх груп (наприклад, суглинок 33а, пісок 27б) відповідно до класифікації ґрунту за трудністю розробки;
- контур проектного земляного полотна, лінії ординат від точки перелому вказаного контуру, крутизну укосів;
- контур зрізання родючого шару ґрунту, видалення торфу і заміни непридатного ґрунту;
- прив'язку поперечного профілю до пікетів.



Рис. 3. Приклад поперечного профіля земляного полотна автодороги

Над кожним поперечним профілем земляного полотна, зображеним на аркуші, зліва поміщають числові значення площ поперечних перерізів, наприклад насипів (Ан); виїмок (Ав); кюветів (Ак); банкетів (Аб) із зазначенням номера груп шарів ґрунту відповідно до класифікації ґрунту за трудністю розробки.

На типовому поперечному профілі конструкції земляного полотна (рис. 4) автомобільних шляхів, наносять та вказують:

- вісь проектованої автомобільної дороги;
- лінію фактичної поверхні землі (умовно);
- контур проектного земляного полотна із зазначенням крутості укосів (при реконструкції, крім того, - контур існуючого земляного полотна);

- укріплення узбіч і укосів (схематично);
- ширину земляного полотна та його елементів;
- напрямок і значення ухилів верху земляного полотна;
- контур і розмір зрізання родючого шару, видалення торфу і заміни непридатного ґрунту;
- межі відведення землі;
- конструкцію дорожнього одягу, напрямок і значення ухилу по її поверхні, ширину проїжджої частини і крайових смуг.

Конструкцію дорожнього одягу на зображенні поперечного профілю конструкції земляного полотна вказують схематично.

На детальному зображенні конструкції дорожнього одягу наносять і вказують:

- матеріал і товщину шарів, що входять до її складу, а також дренажні пристрої (матеріал шарів, що входять до складу дорожнього одягу, вказують умовним графічним позначенням);
- позначення дорожніх одягів, що розрізняються матеріалами шарів або іншими характеристиками (до позначень включають слово «Тип» і порядковий номер арабськими цифрами, наприклад «Тип 1», «Тип 2» і т.д.);
- межі ділянок автомобільної дороги, на яких застосовується конструкція дорожнього одягу (тип дорожнього одягу).

На поздовжньому профілі водовідвідних і нагірних каналів автомобільних шляхів, наносять та вказують:

- лінію фактичної поверхні землі по осі каналів, лінії ординат від точок перелому цієї лінії;
- проектну лінію дна каналу, лінії ординат від точок перелому цієї лінії; водопропускні споруди з відмітками вхідних лотків;
- дамби;
- інженерні мережі, місця випусків каналів, робочі позначки каналів.

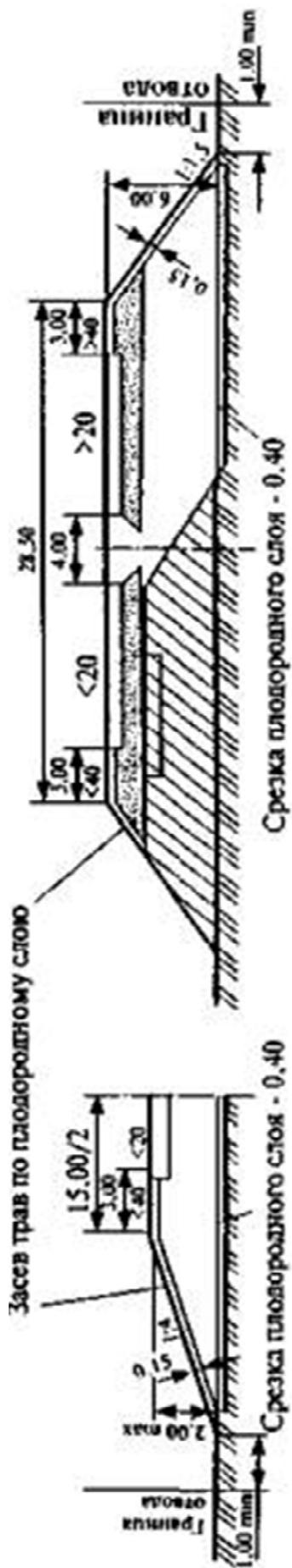


Рис. 4. Пример типового поперечного профиля конструкции земляного полотна

1.4. Будівельні рішення

1.4.1. Вибір варіанту прокладання траси

З метою оптимального сполучення заданих опорних пунктів, відстань між якими за повітряною лінією складає 3360 м, необхідно прокласти повздовжню вісь траси на місцевості таким чином, щоб виконувались наступні умови:

– вісь траси має проводити за найкоротшим напрямком між опорними пунктами (найближче до повітряної лінії) з урахуванням умов рельєфу та раціонального використання земель сільськогосподарського призначення;

– лінійні перепони (залізниці, трубопроводи, ріки) перетинаються під прямим кутом (з відхиленням до 30°), а контурні – у найвужчому місці.

– радіуси кривих для III-ї категорії слід вибирати $R \geq 2000$ м (при радіусах $R < 2000$ м необхідно влаштовувати перехідні криві, а при радіусах $R < 1000$ м – віражі та перехідні криві з розширенням проїзної частини).

Після врахування наведених основних принципів проектування намічаємо два варіанти прокладання траси та розраховуємо відомості обчислення кутів поворотів, прямих, і кривих ділянок траси.

Варіант №1 проходить з лівого боку від урочища Зибуни, що знаходиться по напрямку повітряної лінії, та має протяжність 3704,49 м (коефіцієнт подовження траси 1,08) та два кути повороту:

– ПК15+20,00 – правий кут $\alpha_1 = 24^\circ 00'$ з радіусом 2000 м

– ПК26+87,53 – правий кут $\alpha_2 = 36^\circ 00'$ з радіусом 2000 м

Варіант №2 обходить з правого боку від урочища Зибуни, що знаходиться по напрямку повітряної лінії, та має протяжність 3746,58 м (коефіцієнт подовження траси 1,09) та два кути повороту:

– ПК11+50,00 – лівий кут $\alpha_1 = 39^\circ 00'$ з радіусом 2000 м;

– ПК23+24,88 – лівий кут $\alpha_2 = 26^\circ 00'$ з радіусом 2000 м.

Порівняння конкуруючих варіантів траси виконуємо за техніко-експлуатаційними показниками:

– коефіцієнт подовження траси:

$$k_{\Pi} = L_{\Pi} / L_{\text{пов}},$$

де L_{Π} – фактична довжина траси, км; $L_{\text{пов}}$ – довжина повітряної лінії, км;

– плавність траси, яка характеризується кількістю кутів повороту і середнім значенням кута повороту

$$\alpha_{\text{ср}} = \Sigma \alpha / n,$$

а також середнім радіусом повороту

$$R_{\text{ср}} = \Sigma R / n,$$

– пологість траси визначають значенням прийнятих під час проектування максимальних поздовжніх похилів i_{max} та загальної довжини ділянки, на яких ці похили прийняті;

– безпека руху характеризується забезпеченням видимості дороги у плані та поздовжньому профілі, кількістю перетину інших автомобільних доріг, а також залізниць в одному рівні;

– безперебійність руху, яка залежить від наявності або відсутності перетинів доріг в одному рівні, кількості переправ через ріки, обходів населених пунктів або проїздів через них;

– стійкість траси характеризується протяжністю ділянок траси по болотах, нестійких ділянках з осипами, зсувами, схильних до випинання ґрунту тощо;

– кількість ліній водостоків, які перетинає траса дороги, улоговин і річок.

Техніко-експлуатаційні показники варіантів траси

Показники	Варіанти		Переваги «+» Недоліки «-»	
	I	II	I	II
Довжина траси L, м	3704	3746	+	-
Коефіцієнт подовження траси k_n	1,08	1,09	+	-
Кількість кутів повороту n, шт.	2	2	+	-
Загальна сума кутів повороту $\Sigma\alpha$	60	65	+	-
Середній кут повороту $\Sigma\alpha/n$	30	32,5	-	+
Середній радіус горизонтальних кривих, м	2000	2000	=	=
Мінімальний радіус кривої у плані, м	2000	2000	=	=
Кількість водоперепускних споруд, шт.:				
мостів великих				
мостів малих				
труб	3	2	-	+
Довжина ділянок траси, прокладених через, м:				
ліс				
болото				
луки				
чагарник	300	100	-	+
сільськогосподарські угіддя				
населені пункти				
Кількість перетинань з дорогами, шт.:				
автомобільною з твердим покриттям	1	1	=	=
автомобільною з ґрунтовим покриттям	1	1	=	=
залізницею				
Максимальний поздовжній ухил, ‰	32	25	-	+
Разом плюсів			4	3

Згідно проведених розрахунків для подальшого розроблення приймаємо варіант №1, який має більше переваг.

1.4.2 Поздовжній профіль

Поздовжнім профілем дороги називають розріз земляного полотна вертикальною площиною, проведеною через вісь дороги.

На поздовжній профіль наносять: лінію поверхні землі по осі дороги (чорну лінію) та висотні позначки пікетів і характерних точок; проектну (червону) лінію брівки земляного полотна, її похили та висотні позначки; розріз ґрунту по осі дороги із зазначенням місць закладання шурфів і свердловин, характеру та товщини ґрунтових нашарувань, рівня ґрунтових вод: тип місцевості за зволоженням тощо.

Поздовжній профіль доріг оформляють за рекомендаціями нормативного документу ДСТУ Б А.2.4-29:2008 «Автомобільні дороги. Робочі креслення» у різних масштабах: для нашого варіанта – по горизонталі М 1:5000; по вертикалі М 1:500; ґрунтів по вертикалі М 1:50.

Проектуючи поздовжній профіль потрібно дотримуватися таких основних вимог під час нанесення на нього проектної лінії.

1. Проектну лінію узгоджують з позначками контрольних точок (позначками початку і кінця траси; мінімальними позначками брівки земляного полотна біля мостів, труб, шляхопроводів тощо).

2. Похил проектної лінії не повинен перевищувати 40 %.

3. Проектна лінію прокладається у насипу, дотримуючись рекомендованої робочої позначки.

Величина рекомендованої робочої відмітки залежить від характеру місцевості по типу зволоження, дорожньо-кліматичної зони, виду ґрунту земляного полотна, розрахункового рівня снігового покриву.

4. При алгебраїчній різниці похилів суміжних прямих менше 5 % для дороги II категорії у зламі проектної лінії криві не вписують. Якщо ця різниця дорівнює наведеним вище значенням або більша за них, то для забезпечення видимості і плавності руху на зламі вписують вертикальні криві.

5. Радіуси кривих у поздовжньому профілі не повинні бути меншими від нормативних опуклих-15000 м, угнутих – 5000 м.

Наносячи проектну лінію на поздовжній профіль спочатку відкладаємо висотне положення контрольних точок і намічаємо начорно положення проектної лінії, ув'язавши її з рельєфом, ситуацією, геологічними, гідрогеологічними та іншими місцевими умовами, дотримуючись вимог ДБН В.2.3-4:2015.

Червону лінію будуємо графоаналітичним методом.

Кювети відносяться до повздовжнього водовідводу та влаштовуються на ділянках повздовжнього профілю:

- виїмка, при висоті насипу до 0,8 м,
- при виході з виїмки в насип.
- якщо місцевість має ухил менше 30%, то біля найближчого пікету або плюсової точки з робочою позначкою 0,8 м і більше кювет закінчують і воду з нього випускають на поверхню землі убік від дороги;
- якщо місцевість має ухил понад 30%, то не дивлячись на висоту насипу, влаштування кювету продовжують до ухилу менше 30% або до ближчої водовідвідної споруди, не дивлячись на висоту насипу.

1.4.3. Земляне полотно та поперечний профіль

Ширина земляного полотна поверху для II категорії складає 15 м.

Проїзна частина – головний конструктивний елемент, що призначений для руху транспорту відповідної вантажопідйомності, габаритних розмірів з певною швидкістю, вона складається з двох смуг руху по 3,75 м і дорівнює 7,5 м.

Узбіччя – бокові смуги, що примикають до проїзної частини, які є упором для дорожнього одягу, дають змогу підвищувати безпеку руху, а також можуть бути використані для короткої вимушеної зупинки автомобіля та тимчасового складання будівельних матеріалів під час ремонту дороги. Ширина узбічч 2,5 м з укріпленням по 0,5 м.

Поперечні похили проїзної частини для асфальтобетонних покриттів приймаються величиною 25‰; на узбіччях, укріплених щебнем, гравієм і шлаком – 40-60‰, засівом травою – 50-60‰.

Земляне полотно споруджують без розривів за виключенням лише на ділянках з особливими ґрунтовими умовами, де роботи виконують за індивідуальними проектами, які передбачають технологічні або сезонні перерви (глибокі болота, зсувні ділянки, глибокі скельні виїмки тощо).

Земляне полотно, окрім випадків будівництва на спланованих територіях, слід зводити з випередженням подальших робіт, величина якого повинна визначатися проектом організації будівництва, забезпечувати безперервне та рівномірне улаштування дорожніх основ і покриттів.

Земляне полотно має бути влаштовано по висоті до проектної позначки, поверхня його спланована, укоси мати відповідне укріплення, а також має бути забезпечена надійна робота водовідвідних споруд.

Під час проведення робіт забезпечують тимчасове водовідведення, запобігаючи збиранню води та перезволоженню земляного полотна. Насип улаштовують шарами (товщиною 0,2-0,4 м залежно від типу й маси котків) з рівномірним ущільненням кожного з них по всій ширині земляного полотна, не змішуючи неоднорідних ґрунтів в окремих шарах. Виїмки та бокові резерви починають розробляти з пониженого рельєфу. Споруджуючи земляне полотно в місцевості з можливою акумуляцією дощової води, слід своєчасно виконувати укріплювальні роботи, щоб уберегти насип від розмивання.

Шар родючого ґрунту на товщину, що встановлена проектом (зазвичай приймають 0,25-0,4м), необхідно зібрати з поверхні, що буде зайнята земляним полотном, резервами й іншими елементами та спорудами, та укласти у вали вздовж межі смуги відведення дороги або штабелі у спеціально відведених для цього місцях.

1.4.4. Дорожній одяг

Необхідно запроєктувати дорожній одяг для дороги II категорії в Сумській області в дорожньо-кліматичній зоні У-IV.

Вихідні дані:

- тип місцевості за умовами зволоження – I;
- параметри навантаження: питомий тиск $p = 0,6$ МПа; діаметр завантаженої площі контакту колеса з покриттям – сліду колеса автомобіля, що рухається, $D_p = 37$ см;
- нормативне статичне навантаження на вісь автомобіля – $A_3 = 100$ кН (п. 6.2.1 [9]);
- перспективна інтенсивність руху, приведена до легкового автомобіля, – 6000 авт/добу;
- склад транспортного потоку (%): легкові – 20; вантажні до 6 т. – 30; вантажні 6-14 т. – 20; вантажні понад 14 т. – 15; автобуси – 15.
- тип покриття – капітальний
- конструкція та розрахункові характеристики матеріалів дорожнього одягу:

верхній шар покриття $h_1 = 6,0$ см	– щільний асфальтобетон марки I (бітум БНД-60/90), модуль пружності при температурі 10^0C $E_1 = 3200$ МПа;
нижній шар покриття $h_2 = 10,0$ см	– пористий асфальтобетон на щебні вивержених порід, модуль пружності при температурі 10^0C $E_2 = 2000$ МПа;
верхній шар основи $h_3 = 10,0$ см	– щебінь фракційний, влаштований способом просочення, модуль пружності $E_3 = 600$ МПа;
нижній шар основи $h_4 = 15,0$ см	– щебінь фракційний, влаштований способом розлинювання, модуль пружності $E_4 = 400$ МПа;
підстильний шар $h_5 = ?$ см	– пісок середньої крупності, модуль пружності $E_5 = 120$ МПа;
– ґрунт земляного полотна	– суглинок, модуль пружності $E_{2p} = 50$ МПа

Розрахунок:

1. Розрахункова інтенсивність руху N_p на одну смугу руху, авт/добу:

$$N_p = N_{зв} \times f_n ,$$

де $N_{зв}$ – зведена добова розрахункова інтенсивність руху, яка визначається за складом руху транспортних засобів (коефіцієнти зведення до групи А: легкі вантажні – 0,09; середні вантажні – 0,26; важкі вантажні – 1,67; автобуси – 0,71); f_n – коефіцієнт, що враховує число смуг руху (табл. 6.3 [9] при двох смугах руху приймаємо $f_n = 0,55$).

$$N_p = 0,55 \times 6000 (0,20 \times 0 + 0,30 \times 0,09 + 0,20 \times 0,26 + 0,15 \times 1,67 + 0,15 \times 0,71) = 1440 \text{ авт/добу.}$$

2. Потрібний загальний модуль пружності конструкції дорожнього одягу за номограмою (рис. 8.11 [23]) становить $E_{номпр} = 280$ МПа, що перевищує мінімальне значення для заданих умов (табл. 6.6 [9]), тому вводимо його в розрахунок з коефіцієнтом міцності $k_{миц} = 1$

$$E_{заг} = E_{номпр} = 280 \text{ МПа.}$$

3. Розрахунок конструкцій дорожнього одягу на пружний прогин проводимо за номограмою для визначення загального модуля пружності (рис. 6.3 [9]) згору вниз для визначення товщини підстильного шару основи h_5

$$\begin{aligned} E_{заг} / E_1 &= 280 / 3200 = 0,088; & h_1 / D_p &= 6,0 / 37 = 0,162; \\ E'_{заг} / E_1 &= 0,07; & E'_{заг} &= 0,07 E_1 = 0,07 \times 3200 = 224 \text{ МПа}; \\ E'_{заг} / E_2 &= 224 / 2000 = 0,112; & h_2 / D_p &= 10,0 / 37 = 0,270; \\ E''_{заг} / E_2 &= 0,08; & E''_{заг} &= 0,08 E_2 = 0,08 \times 2000 = 160 \text{ МПа}; \\ E''_{заг} / E_3 &= 160 / 600 = 0,267; & h_3 / D_p &= 10 / 37 = 0,270; \\ E'''_{заг} / E_3 &= 0,19; & E'''_{заг} &= 0,19 E_3 = 0,19 \times 600 = 114 \text{ МПа}; \\ E'''_{заг} / E_4 &= 114 / 400 = 0,285; & h_4 / D_p &= 15 / 37 = 0,405; \\ E''''_{заг} / E_4 &= 0,17; & E''''_{заг} &= 0,17 E_4 = 0,17 \times 400 = 68 \text{ МПа}; \\ E''''_{заг} / E_5 &= 68 / 120 = 0,566; & E_{зп} / E_5 &= 50 / 120 = 0,417; \\ h_5 / D_p &= 0,47; & h_5 &= 0,47 \times D_p = 0,47 \times 37 = 17,4 = 18 \text{ см} \end{aligned}$$

4. Розрахунок конструкцій дорожнього одягу за опором зсуву в ґрунті земляного полотна та піщаному шарі основи.

Перевірка дорожньої конструкції за зсувом у ґрунті земляного полотна

Визначаємо за виразом 6.20 [9] приведенний модуль пружності

$$E_c = \frac{\sum_{i=1}^n E_i h_i}{\sum_{i=1}^n h_i} = \frac{550 \times 5 + 460 \times 8 + 600 \times 10 + 400 \times 15 + 120 \times 18}{5 + 8 + 10 + 15 + 18} = 368 \text{ МПа};$$

За відношень $\Sigma h / D_p = 56 / 37 = 1,51$ та $E_c / E_{zp} = 368 / 50 = 7,35$ і при куті внутрішнього тертя $\varphi_{zp} = 20^\circ$ за номограмою на рис. 6.4 [9] знаходимо напруження в шарі ґрунту $\bar{\tau}_h = 0,023$, звідки $\tau_h = 0,023 \times 0,6 = 0,0138$ МПа.

Напруження зсуву τ_σ у шарі ґрунту від власної ваги дорожнього одягу знаходимо за формулою (6.21) [9]

$$\tau_\sigma = 10^{-5} (5 - 0,3\varphi) \sum_{i=1}^n h_i = 10^{-5} (5 - 0,3 \times 20) \times 56 = -0,0007 \text{ МПа.}$$

Напруження зсуву, що діє в шарі ґрунту:

$$T_{zp} = \tau_h - \tau_\sigma = 0,0138 - 0,0007 = 0,0131 \text{ МПа.}$$

Міцність за зсувом у ґрунті визначається умовою за формулою (6.16) [9]

$$k_{міц} < T_{дон} / T_{zp}$$

де $T_{дон}$ – допустиме напруження зсуву в ґрунті

$$T_{дон} = c_{zp} k_1 k_2 k_3 = 0,020 \times 1,0 \times 0,8 \times 1,5 = 0,024 \text{ МПа}$$

c_{zp} – зчеплення у ґрунті активної зони земляного полотна (за табл. 8.8 [23] приймаємо $c_{zp} = 0,02$ МПа);

k_1 – коефіцієнт, що враховує вплив навантаження на опір зсуву ґрунту (при розрахунку на вплив динамічного навантаження $k_1 = 1,0$; при статичній дії навантаження або навантаження з малою повторністю $k_1 = 1,5$)

k_2 – коефіцієнт запасу на неоднорідність умов роботи конструкції, пов'язаний з можливим впливом несприятливих природних особливостей, технологічних та

інших чинників (при розрахунку на тривалу дію навантаження $k_2 = 1,23$; при розрахунку на динамічну дію навантаження коефіцієнт k_2 визначається за табл. 8.19 [23] – при $N_p = 850$ авт/добу маємо $k_2 = 0,8$);

k_3 – коефіцієнт, який ураховує особливості роботи ґрунту в конструкції, пов'язані із збільшенням фактичного зчеплення часток ґрунту; введення коефіцієнта також враховує відмінність реальних умов взаємодії матеріалу шарів на контакті від прийнятих при побудові номограми на рис. 6.4 [9]; значення k_3 : піски крупні – 7,0; піски середньої крупності – 6,0; піски дрібні – 5,0; піски пилюваті, супіски крупні – 3,0; глинисті ґрунти (глини, суглинки, супіски, крім крупних) – 1,5).

Оскільки $T_{дон} / T_{сп} = 0,0240 / 0,0131 = 1,846 > k_{миц} = 1$ – міцність дорожньої конструкції за зсувом у шарі ґрунту забезпечена.

Перевірка дорожньої конструкції за зсувом у піщаному шарі

Визначаємо за виразом 6.20 [9] приведенний модуль пружності

$$E'_c = \frac{\sum_{i=1}^n E_i h_i}{\sum_{i=1}^n h_i} = \frac{550 \times 5 + 460 \times 8 + 600 \times 10 + 400 \times 15}{5 + 8 + 10 + 15} = 330 \text{ МПа};$$

За відношень $\Sigma h / D_p = 38 / 37 = 1,03$ та $E'_c / E_{nic} = 330 / 120 = 2,74$ і при куті внутрішнього тертя $\varphi_5 = 40^\circ$ за номограмою на рис. 6.4 [9] знаходимо напруження в шарі піску $\bar{\tau}_n = 0,04$, звідки $\tau_n = 0,04 \times 0,6 = 0,024$ МПа.

Напруження зсуву τ_6 у шарі піску від власної ваги дорожнього одягу знаходимо за формулою (6.21) [9]

$$\tau_6 = 10^{-5} (5 - 0,3\varphi) \sum_{i=1}^n h_i = 10^{-5} (5 - 0,3 \times 40) \times 38 = 0,0026 \text{ МПа.}$$

Напруження зсуву, що діє в шарі піску:

$$T_5 = \tau_n - \tau_6 = 0,024 - 0,0026 = 0,0214 \text{ МПа.}$$

Оскільки $T_{дон} / T_5 = 0,029 / 0,0214 = 1,3 > k_{миц} = 1$ – міцність дорожньої конструкції за зсувом у шарі піску забезпечена.

Перевірка дорожньої конструкції на розтягання при згинанні

Визначаємо за виразом 6.20 [9] приведений модуль пружності

$$E''_c = \frac{\sum_{i=1}^n E_i h_i}{\sum_{i=1}^n h_i} = \frac{4500 \times 5 + 2800 \times 8}{5 + 8} = 3454 \text{ МПа};$$

$$E''_{осн} = \frac{\sum_{i=1}^n E_i h_i}{\sum_{i=1}^n h_i} = \frac{600 \times 10 + 400 \times 15 + 120 \times 18}{10 + 15 + 18} = 330 \text{ МПа};$$

За відношень $\Sigma h / D_p = 13 / 37 = 0,351$ та $E''_c / E''_{осн} = 3454 / 330 = 10,47$ і при куті внутрішнього тертя $\varphi_{зр} = 20^\circ$ за номограмою на рис. 6.6 [9] знаходимо напруження в шарі ґрунту $\sigma = 1,6$.

Напруження розтягу при згинанні визначається за формулою 6.25 [9]

$$\sigma_r = \sigma \times p \times k_b = 1,6 \times 0,6 \times 0,85 = 0,816 \text{ МПа}$$

де p – розрахунковий тиск на покриття, $p = 0,6$ МПа;

k_b – коефіцієнт, що враховує особливості напруженого стану дорожнього покриття під колесом автомобіля (приймаємо $k_b = 0,85$ для колес зі спареними балонами).

Допустиме напруження розтягу при згинанні асфальтобетону

$$R_{дон} = R_{розр},$$

де $R_{розр}$ – розрахунковий опір розтягу при згинанні з урахуванням повторюваності прикладання навантаження

$$R_{розр} = \bar{R}_{розр} (1 - t\nu_R) k_y k_m = 2,8 (1 - 1,71 \times 0,1) \times 1,0 \times 1,0 = 2,32 \text{ МПа.}$$

де $\bar{R}_{розр}$ – середнє значення опору розтягання асфальтобетону при згинанні (приймаємо згідно табл. 8.12 [23] $\bar{R}_{розр} = 2,8$ МПа);

t – коефіцієнт нормативного відхилення, який приймають залежно від заданого рівня надійності конструкції (при коефіцієнті надійності $k_n = 0,95$ приймаємо $t = 1,71$);

$v_R = 0,1$ – коефіцієнт варіації міцності на розтягання при згинанні асфальтобетону;
 k_y – коефіцієнт втомленості, що враховує повторюваність навантаження (при розрахунковій інтенсивності руху $N_p = 850$ авт/добу за рис. 8.24 [23] маємо $k_y = 1,0$);

k_m – коефіцієнт зменшення міцності від впливу природньо-кліматичних факторів (приймаємо для асфальтобетону марок I-II на щебні вивержених порід $k_m = 1,0$)

Оскільки $R_{дон} / \sigma_r = 2,32 / 0,816 = 2,84 > k_{міц} = 1$ – міцність асфальтобетонних шарів дорожнього одягу на розтягання при згинанні забезпечена.

Висновок: прийнята конструкція дорожнього одягу задовольняє всі три критерії міцності, тому приймаємо її для подальшого використання.

РОЗДІЛ 2. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

2.1. Загальні положення

У даному розділі роботи розробляються технічні рішення на проектування штучної споруди для автомобільної дороги **II категорії в Сумській області**.

Штучні споруди на автомобільних дорогах складають до 30% вартості будівництва дороги в цілому. Основними водопропускними спорудами на автодорогах є труби, які мають значну перевагу порівняно з малими мостами, зокрема: їх простіше влаштовувати, мають меншу вартість при пропусканні певної розрахункової витрати води; спорудження труби не порушує безперервності земляного полотна в насипі, поліпшує експлуатаційні якості дороги та безпеку руху по ній; експлуатаційні витрати на утримання труби значно менші, ніж на утримання мосту; труби можна влаштовувати при різних комбінаціях плану і профілю дороги.

Проектування труби виконуємо у такій послідовності: встановлюємо вихідні дані для визначення витрат води; визначаємо витрати від зливи і сніготанення, розрахункову витрату; підбираємо найбільш економічний отвір типової труби, визначаємо мінімальну висоту насипу біля труби, довжину труби при фактичній висоті насипу.

Гідравлічний розрахунок труби включає визначення: діаметра і типу зміцнення русла; висоти підпора води і висоти насипу над трубою; довжини труби.

Згідно обраного варіанту траси та поздовжнього профілю дороги передбачається влаштування водоперепускних споруд в таких місцях:

- споруда №1 на *ПК13+50*
- споруда №2 на *ПК 20+00*
- споруда №3 на *ПК 31+50*

2.2. Розрахунок максимальної витрати води

2.2.1. Максимальна витрата води від зливогого стоку, м³/с:

$$Q_3 = 16,7 \times a_{zod} \times K_t \times F \times \alpha \times \varphi$$

де a_{zod} – середня інтенсивність зливи тривалістю 1 год, мм/хв (табл. 3.1 [23]), яка залежить від району (рис. 3.1 [23]) та ймовірності перевищення повені $ЙП$, % (табл. 3.2 [23]);

K_t – коефіцієнт переходу від інтенсивності зливи тривалістю 1 година до розрахункової інтенсивності (табл. 3.3 [23]);

F – площа водозбору, км², (визначається за топографічною картою);

α – коефіцієнт витрати стоку, яка залежить від виду ґрунту на поверхні водозбірною басейну (табл. 3.4 [23]);

φ – коефіцієнт редукції, що враховує неповноту стоку (табл 3.5 [23]).

Вихідні дані:

1. Зливовий район – Сумська область – 6 зливовий район.
2. Ймовірність перевищення паводку на дорозі III категорії – $ЙП = 3\%$.
3. Інтенсивність зливи годинної тривалості – $a_{zod} = 0,82$ мм/хв
4. Середній ухил улоговини – 10 ‰
5. Ухил улоговини у споруди (ухил між точками, розташованими вище та нижче на 50 м осьової точки труби) – 10 ‰

6. Довжина улоговини, км:

– споруда №1 на ПК13+50 $L_{л1} = 1,2$

– споруда №2 на ПК 20+00 $L_{л2} = 1,6$

– споруда №3 на ПК 31+50 $L_{л3} = 0,7$

7. Площа водозбірною басейну, км²

– споруда №1 на ПК13+50 $F_1 = 0,7$

– споруда №2 на ПК 20+00 $F_2 = 0,9$

– споруда №3 на ПК 31+50 $F_3 = 0,3$

8. Коефіцієнт переходу від інтенсивності зливи тривалістю 1 години до розрахункової інтенсивності

– споруда №1 на ПК13+50 $K_{t1} = 1,79$

– споруда №2 на ПК 20+00 $K_{t2} = 1,52$

– споруда №3 на ПК 31+50 $K_{t3} = 2,76$

9. Коефіцієнт витрати стоку при суглинистих ґрунтах на поверхні водозбірному басейну – $\alpha = 0,425$

10. Коефіцієнт редукції (враховує неповноту стоку)

– споруда №1 на ПК13+50 $\varphi_1 = 0,62$

– споруда №2 на ПК 20+00 $\varphi_2 = 0,58$

– споруда №3 на ПК 31+50 $\varphi_3 = 0,75$

Максимальна витрата води від зливого стоку, м³/с:

– споруда №1 на ПК13+50

$$Q_{z1} = 16,7 \times 0,82 \times 1,79 \times 0,7 \times 0,425 \times 0,62 = 4,2 \text{ м}^3/\text{с}$$

– споруда №2 на ПК 20+00

$$Q_{z2} = 16,7 \times 0,82 \times 1,52 \times 0,9 \times 0,425 \times 0,58 = 4,5 \text{ м}^3/\text{с}$$

– споруда №3 на ПК 31+50

$$Q_{z3} = 16,7 \times 0,82 \times 2,76 \times 0,3 \times 0,425 \times 0,75 = 3,8 \text{ м}^3/\text{с}$$

2.2.2. Максимальна витрата води від сніготанення, м³/с:

$$Q_m = \frac{K_o \times h_{розр} \times F}{(F + 1)^n} \delta_1 \delta_2$$

де K_o – коефіцієнт дружності повені; n – показник ступеня для дорожньо-кліматичної зони (рис. 3.3. [23]);

F – площа водозбору, км²;

$h_{розр} = \bar{H} \times K_p$ – розрахунковий шар сумарного стоку, мм;

h – середній багаторічний шар стоку води від сніготанення, мм (рис. 3.4 [23]);

K_p – модульний коефіцієнт при гамма-параметричному законі розподілу (рис. 3.5. [23]), який залежить від ЙП, C_{vh} , C_{sh} ;

C_{vh} – коефіцієнт варіації шару стоку повені (рис. 3.6 [23]);

C_{sh} – коефіцієнт асиметрії;

δ_1 – коефіцієнт, що враховує зменшення витрат, при наявності на поверхні басейну озер більш ніж 2%, $\delta_1 = 1,0$;

δ_2 – коефіцієнт, що враховує зменшення витрат, при наявності на поверхні басейну лісів та боліт, $\delta_2 = 1,0$.

Вихідні дані:

1. Коефіцієнт дружності повені $K_o = 0,02$, показник ступеня $n = 0,25$.

2. Площа водозбірного басейну, км²

– споруда №1 на ПК13+50 $F_1 = 0,7$

– споруда №2 на ПК 20+00 $F_2 = 0,9$

– споруда №3 на ПК 31+50 $F_3 = 0,3$

3. Середній багаторічний шар стоку води від сніготанення – $h = 80 * 0,9 = 72$ мм.

4. Коефіцієнт варіації шару стоку повені при площі водозбору до 50 км²

коефіцієнт C_{vh} збільшується 1,25 раза, тобто

$$C_{vh} = 0,6 * 1,25 = 0,75$$

$$C_{sh} = 2 * C_{vh} = 2 * 0,75 = 1,5$$

5. Модульний коефіцієнт - $K_p = 2,72$

6. Розрахунковий шар сумарного стоку

$$(h_{\text{розр}} = h * K_p) = 72 * 2,72 = 195,8 \text{ мм.}$$

7. Коефіцієнт, що враховує зменшення витрат, при наявності на поверхні басейну озер більше 2% $\delta_1=1$.

8. Коефіцієнт, що враховує зменшення витрат при наявності на поверхні басейну лісів та боліт $\delta_2=1$

Максимальна витрата води від сніготанення, $\text{м}^3/\text{с}$:

– споруда №1 на ПК13+50

$$Q_{\text{т1}} = \frac{0,02 \times 195,8 \times 0,7}{(0,7 + 1)^{0,25}} = 2,3 \text{ м}^3/\text{с}$$

– споруда №2 на ПК 20+00

$$Q_{\text{т3}} = \frac{0,02 \times 195,8 \times 0,9}{(0,9 + 1)^{0,25}} = 2,9 \text{ м}^3/\text{с}$$

– споруда №3 на ПК 31+50

$$Q_{\text{т3}} = \frac{0,02 \times 195,8 \times 0,3}{(0,3 + 1)^{0,25}} = 1,2 \text{ м}^3/\text{с}$$

Оскільки максимальні витрати від зливи Q_3 більші, ніж витрати від сніготанення $Q_{\text{т}}$, то за розрахункові $Q_{\text{роз}}$ беруть витрати від зливи.

– споруда №1 на ПК13+50

$$Q_{\text{р1}} = 16,7 \times 0,82 \times 1,79 \times 0,7 \times 0,425 \times 0,62 = 4,2 \text{ м}^3/\text{с}$$

– споруда №2 на ПК 20+00

$$Q_{\text{р2}} = 16,7 \times 0,82 \times 1,52 \times 0,9 \times 0,425 \times 0,58 = 4,5 \text{ м}^3/\text{с}$$

– споруда №3 на ПК 31+50

$$Q_{\text{р3}} = 16,7 \times 0,82 \times 2,76 \times 0,3 \times 0,425 \times 0,75 = 3,8 \text{ м}^3/\text{с}$$

2.3. Підбір отвору водоперепускної труби

Отвір проектної труби підбирають в залежності від $Q_{роз}$

Режим протікання води у трубах може бути:

- безнапірний, коли $H < 1,2/h_{тр}$ і по всій довжині труби є вільна поверхня;
- напівнапірний, якщо $1,2/h_{тр} < H < 1,4/h_{тр}$ і тільки на вхідній ділянці є цілий переріз, заповнений водою, а на більшій частині труби є вільна поверхня;
- напірний, коли $H > 1,4/h_{тр}$ і тільки на невеличкій ділянці при виході є вільна поверхня, а на більшій частині цілий переріз, заповнений водою.

Підбираємо параметри водоперепускних труб для запроєктованої дороги в безнапірному режимі:

– споруда №1 на *ПК13+50*

$Q_{роз1} = 4,2 \text{ м}^3/\text{с}$ – двохочкова кругла труба $\varnothing 1,75\text{м}$, з оголовком розтрубного типу та кінцевим вихідним кінцем

1. Витрата води – $4,25 \text{ м}^3/\text{с}$
2. Глибина води перед трубою – $1,63 \text{ м}$
3. Швидкість води на виході із труби – $3,5 \text{ м/с}$

– споруда №2 на *ПК 20+00*

$Q_{роз2} = 4,5 \text{ м}^3/\text{с}$ – двохочкова кругла труба $\varnothing 1,75\text{м}$, з оголовком розтрубного типу та кінцевим вихідним кінцем

1. Витрата води – $4,25 \text{ м}^3/\text{с}$
2. Глибина води перед трубою – $1,63 \text{ м}$
3. Швидкість води на виході із труби – $3,5 \text{ м/с}$

– споруда №3 на *ПК 31+50*

$Q_{роз3} = 3,8 \text{ м}^3/\text{с}$ – двохочкова кругла труба $\varnothing 1,75\text{м}$, з оголовком розтрубного типу та кінцевим вихідним кінцем

1. Витрата води – $3,9 \text{ м}^3/\text{с}$
2. Глибина води перед трубою – $1,54 \text{ м}$
3. Швидкість води на виході із труби – $3,3 \text{ м/с}$

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Кваліфікаційна робота бакалавра «Проект будівництва автомобільної дороги II категорії в Охтирському районі Сумської області» розроблено на підставі завдання, виданого кафедрою автомобільних доріг, геодезії, землеустрою та сільських будівель, у відповідності з вимогами діючої нормативно-технічної документації.

Кваліфікаційна робота бакалавра містить 2 розділи розрахунково-пояснювальної записки обсягом **52 стор.** та 5 аркушів креслень.

У розділі «Проектно-будівельна частина» розглянуто умови прокладання траси, обґрунтовано та запроектовано елементи дороги (план, поздовжній та поперечні профілі), розраховано конструкцію дорожнього одягу.

У розділі «Спеціальна частина» розраховано та підібрано штучну водоперепускную споруду – одноочкова кругла труба **діаметром 1,75 м.**

Основні техніко-економічні показники

Протяжність траси автомобільної дороги, км	3,7
Протяжність повітряної лінії, км	3,4
Коефіцієнт подовження траси	1,09
Кількість поворотів	2
Середній радіус повороту, м	2000
Середній радіус кутів повороту	30°
Категорія дороги	II
Ширина проїзної частини,	7,5
Кількість смуг руху	2
Ширина смуги руху,	3,75
Ширина узбіччя, м	3,5
Ширина укріпленої смуги узбіччя, м	0,75
Ширина земляного полотна, м	15,0
Кількість штучних споруд:	
– водоперепускних труб	3
– мостів	-
– шляхопроводів	-

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Законі України «Про автомобільні дороги» [Електронний ресурс]
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2862-15#Text>
2. ДБН В.2.3-4:2015. Споруди транспорту. Автомобільні дороги. – К.: Мінрегіонбуд України, 2016
3. ДБН В.2.3-5:2018. Споруди транспорту. Вулиці та дороги населених пунктів. – К.: Мінрегіонбуд України, 2018
4. ДБН В.2.3-22:2009. Мости та труби. Основні вимоги проектування. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009
5. ДБН А.2.2-3:2014. Склад та зміст проектної документації на будівництво. – К.: Мінрегіонбуд України, 2014
6. ДСТУ Б А.2.4-4:2009. Система проектної документації для будівництва. Основні вимоги до проектної та робочої документації. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009
7. ДСТУ Б А.2.4-29:2008. Автомобільні дороги. Земляне полотно і дорожній одяг. Робочі креслення. – К.: ДП «ДерждорНДІ», 2008
8. ДСТУ-Н Б В.2.3-32:2016 Настанова з улаштування земляного полотна автомобільних доріг. – К.: ДП «ДерждорНДІ», 2016
9. ГБН В.2.3-37641918-559:2019 Автомобільні дороги. Дорожній одяг нежорсткий. Проектування. – К.: ДП «ДерждорНДІ», 2016
10. ДБН В.1.2-14:2018 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд. – К.: УкрНДПСК, 2018
11. ДСТУ 8855:2019 Будівлі та споруди. Визначення класу наслідків (відповідальності). – К.: ТК 319, 2019
12. ГБН В.2.3-37641918-552:2015 Автомобільні дороги. Визначення класу наслідків (відповідальності) та категорії складності об'єктів дорожнього будівництва. – К.: ДП «ДерждорНДІ», 2015

13. ДБН А.3.1-5:2016 Організація будівельного виробництва. – К.: НДІБВ, 2016
14. ДБН А.3.2-2-2009 Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. – К.: Мінрегіонбуд України, 2012
15. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. – К.: Мінрегіонбуд України, 2016
16. ДСТУ 8907:2019 Настанова щодо організації проведення експертизи проектної документації на будівництво. – К.: ТК 319, 2019
17. ДСТУ 8749:2017 Безпека дорожнього руху. Огородження та організація дорожнього руху в місцях проведення дорожніх робіт. – К.: ТК 307, 2017
18. ДСТУ 8752:2017 Безпека дорожнього руху. Проект організації дорожнього руху. Правила розроблення, побудови, оформлення. Вимоги до змісту. – К.: ДП «ДерждорНДІ», 2016
19. Бабков В.Ф. Проектирование автомобильных дорог / В.Ф. Бабков, О.В. Андреев. – М.: Транспорт, 1987. – 415 с.
20. Білятинський О.А. Заворицький В.Й., Старовойда В.П., Хом'як Я.В. Проектування автодоріг. Ч. I. – К.: В.ш., 1997. – 518 с.
21. Білятинський О.А. Заворицький В.Й., Старовойда В.П., Хом'як Я.В. Проектування автодоріг. Ч. II. – К.: В.ш., 1998. – 415 с.
22. Білятинський О.А., Старовойда В.П. Проектування капітального ремонту і реконструкції доріг. – К.: Вища освіта, 2003. – 343 с.
23. Бойчук В.С. Довідник дорожника. – К., Урожай, 2002. – 560 с.
24. Бойчук В.С., Кірічек Ю.О., Сергеев О.С. Штучні споруди на дорогах. – Дн-к, ПДАБА, 2004. – 364 с.
25. Ксенодохов В.И. Таблицы для клотоидного проектирования и разбивки плана и профиля автомобильных дорог. – М.: Транспорт, 1981. – 431 с.
26. Кубасов А.У., Чумаков Ю.Л., Широков С.Д. Строительство, ремонт и содержание автомобильных дорог. – М.: Транспорт, 1985. – 336 с.

27. Новые технологии и машины при строительстве, содержании и ремонте автомобильных дорог / Под ред. А.Н. Максименко – Мн.: Дизайн, 2002. – 240 с.
28. Орнатский Н.П. Автомобильные дороги и охрана природы. – М.: Транспорт, 1982. – 264 с.
29. Операционный контроль качества земляного полотна и дорожных одежд / Под ред. А.Я. Тулаева. – М.: Транспорт, 1985. – 224 с.
30. Проектирование автомобильных дорог: Справочник инженера-дорожника / Под ред. Г.А.Федорова. – М.: Транспорт, 1989. – 437 с.
31. Савенко В.Я., Славінська О.С., Лисенко О.П. Основи технології будівництва доріг. – К.: НТУ, 2006. – 247 с.
32. Справочник инженера-дорожника. Изыскания и проектирование автомобильных дорог / Под ред. О.В. Андреева. – М., Транспорт, 1977. – 242 с.
33. Строительство автомобильных дорог. Справочник инженера дорожника / Под ред. В.А. Бочина. – М.: Транспорт, 1980. – 512 с.
34. Строительство автомобильных дорог: В 2-х ч. / Под ред. В.К. Некрасова. – М.: Транспорт, 1980. – 354 с.
35. Технологія будівництва автомобільних доріг в прикладах (для курсового та дипломного проектування) / В.Я. Савенко, О.С. Славінська, Г.М. Фещенко, В.І. Каськів. – К.: НТУ, 2003. – 377 с.
36. Хомяк Я.В. Проектирование сетей автомобильных дорог. – К.: Транспорт, 1983. – 206 с.
37. Шкуренко А.Т. Основы строительства, ремонта и содержания автомобильных дорог. – М.: Транспорт, 1987. – 320 с.